

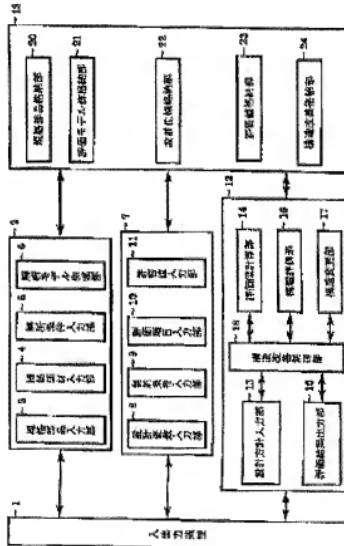
## STRUCTURE DESIGN SYSTEM

Publication number: JP9245072  
Publication date: 1997-09-19  
Inventor: YAMAGUCHI TAKASATO  
Applicant: HITACHI LTD  
Classification:  
- International: G06F17/50; G06F17/50; (IPC1-7): G06F17/50  
- European:  
Application number: JP19960052881 19960311  
Priority number(s): JP19960052881 19960311

[Report a data error here](#)

### Abstract of JP9245072

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a structure design system for deciding the structure of standard components for constituting a structure and a tightening method. **SOLUTION:** This structure design system using a computer is provided with an evaluation model input means 2 for inputting one or plural evaluation models composed of the shape model of the structure, analysis conditions and an analysis model, a design specification input means 7 for inputting design specifications composed of a design variable, the constraint of the design variable, an evaluation item and the allowable value of the evaluation item and a structure improving means 12 for obtaining the evaluation values of the respective evaluation items for the respective evaluation models, changing the design variable of the evaluation model by the evaluated result and generating one or plural new evaluation models. In the process of generating a new structure by the repetitive processing of the structure improving means 12, by utilizing the evaluation model input means 2 and the design specification input means 7 and changing the evaluation model, the design specifications and a structure improving method, a structure improving processing is controlled.



Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide

**Family list****1** family member for: **JP9245072**

Derived from 1 application

[Back to JP924](#)**1 STRUCTURE DESIGN SYSTEM****Inventor:** YAMAGUCHI TAKASATO**EC:****Publication info:** **JP9245072 A** - 1997-09-19**Applicant:** HITACHI LTD**IPC:** **G06F17/50; G06F17/50; (IPC1-7):**

G06F17/50

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-245072

(43)公開日 平成9年(1997)9月19日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 0 6 F 17/50

識別記号 疾内整理番号

F I  
G 0 6 F 15/60技術表示箇所  
6 1 2 A  
6 0 4 A  
6 0 4 H

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全9頁)

(21)出願番号 特願平8-52881  
(22)出願日 平成8年(1996)3月11日(71)出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田錦町四丁目6番地  
(72)発明者 山口 貴史  
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日  
立製作所機械研究所内  
(74)代理人 弁理士 小川 勝男

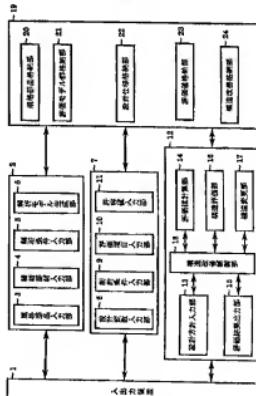
## (54)【発明の名称】 構造設計システム

## (57)【要約】 (修正有)

【課題】構造物を構成する規格部品の構造及び締結方法を決定する構造設計システムを提供する。

【解決手段】計算機を用いた構造設計システムにおいて、構造物の形状モデル、解析条件及び解析モデルからなる評価モデルを一つ又は複数個入力する評価モデル入力手段2、設計変数、設計変数の制約条件、評価項目及び評価項目の許容値からなる設計仕様を入力する設計仕様入力手段7、並びに、各評価モデルに対する各評価項目の評価値を求める、その評価結果より評価モデルの設計変数を変更して新たな評価モデルを一つ又は複数個生成する構造改善手段12を設け、構造改善手段12の繰り返し処理による新しい構造物の生成過程で、評価モデル入力手段2及び設計仕様入力手段7を利用し、評価モデル、設計仕様及び構造改善方法を変更することにより、構造改善処理を制御する。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】計算機を用いた構造設計システムにおいて、構造物の形状モデル、解析条件及び解析モデルからなる評価モデルを一つ又は複数個入力する評価モデル入力手段と、設計変数、設計変数の制約条件、評価項目及び評価項目の許容値からなる設計仕様を入力する設計仕様入力手段と、各評価モデルに対する各評価項目の評価値を求める、その評価結果より評価モデルの設計変数を変更して新たな評価モデルを一つ又は複数個生成する構造改善手段と、上記構造改善手段の繰り返し処理による新しい構造物の生成過程で、上記評価モデル入力手段、上記設計仕様入力手段及び上記構造改善手段を利用して、評価モデル、設計仕様及び構造改善方法を変更することにより、構造改善処理を制御する構造改善制御手段と、各種データを格納するデータ格納手段からなることを特徴とする構造設計システム。

【請求項2】請求項1において、上記評価モデル入力手段は、構造物を構成する部品間に締結部材を入力することにより締結部の形状データを作成し、締結部材のモデル化及び有限要素分割により解析モデルを生成する構造設計システム。

【請求項3】請求項1において、上記構造改善手段は、各評価モデルに対する評価値より、評価値のレベルごとに評価モデルをグループ化し、同一グループ内の評価モデル及び異なるグループ間の評価モデルで設計変数の共通点及び相違点を見つける構造設計システム。

【請求項4】請求項1において、上記構造改善手段は、一つ又は複数の評価モデルを選択し、複数の評価モデルどうして一部の設計変数を交換したり、評価モデルの一部の設計変数を別の値に変更することによって評価モデルを変更する構造設計システム。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、構造物を構成する規格部品の構造及び締結方法を決定する構造設計システムに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来の構造設計システムでは、あらかじめ定めた初期の構造物に対する解析モデル及び設計仕様（設計変数とその制約条件、評価項目とその許容範囲）を設定し、そのモデルに対する各評価項目の評価値を求める。この評価値が、設定された許容範囲内にない場合、評価値が許容範囲内に収まるまで、設計変数を制約条件内で変更することによって、構造設計を行っている。このような構造設計システムの公知例としては、特開平3-224063号公報に論じられている。また、設計変数の変更方法は、感度解析を利用した方法があり、特開平6-160248号公報に論じられている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来技術は、複数の規

格部品を組み合わせて締結（溶接、リベット、ボルト、ねじなど）した構造物に對し、規格部品の構造及び締結方法（締結の種類、位置及び寸法）を設計対象とした場合、以下のような問題があった。

【0004】（1）溶接、リベット、ボルト、ねじなどからなる締結部は、ユーザーがソリッド、シェル、ビーム又はバーチャルなどでモデル化したデータを利用しているため、そのモデルから直接実際の設計に必要な締結方法（締結の種類、位置、寸法）を決定するの困難である。

【0005】（2）感度解析を用いた構造改善では、寸法が離散的な値を取ったり、構造が大きく変化する場合、感度解析の精度が悪化し、局所的な視点だけでは最適解を探索できないことがある。また、評価方法が不明確である場合には、感度解析が適用できなくなる。

【0006】（3）多くの設計変数及び評価項目が存在する設計の場合、設計変数の組み合わせ及び評価項目の評価方法が複数存在するため、システムが一つの手法に従って自動的に一つの解を決定することは、他の設計変数の組み合わせ及び評価項目の評価方法による設計を考慮できないことになる。

【0007】本発明の第1の目的は、ユーザーが締結部のモデルを作成するとき、実際の設計に必要な締結の種類、位置及び寸法のデータを入力し、更に、それらのデータより解析に必要な解析モデルデータを自動生成する構造設計システムを提供することにある。

【0008】本発明の第2の目的は、一つ又は複数の評価モデルを選択し、複数の評価モデルどうして一部の設計変数を交換したり、評価モデルの一部の設計変数を別の値に変更することにより、新たな評価モデルを生成する構造設計システムを提供することにある。

【0009】本発明の第3の目的は、複数の評価モデルを保持しながら種々の設計変数の組み合わせ及び種々の評価項目の評価方法によって新しい評価モデルを生成し、新しい構造物の構成、構造改善方法及び構造改善による評価結果を示すことにより、ユーザーの設計作業を支援する構造設計システムを提供することにある。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明は計算機を用いた構造設計システムにおいて、規格部品データベースより規格部品を取り出し配置する規格部品入力手段、規格部品間の締結部に締結部材を入力する締結部材入力手段、拘束、荷重などの解析条件を入力する解析条件入力手段、締結部材のモデル化及び有限要素分割により解析モデルを生成する解析モデル生成手段、設計変数の制約条件、評価項目及び評価項目の許容値を入力する設計仕様入力手段、複数の評価項目を総合評価するための優先順位及び重みを入力する設計方針入力手段、各評価項目の評価値及び総合評価値を計算する評価値計算手段、各評価モデルに対する評価結果をテーブル、グラフ及び図で表示する評価結

果出力手段、評価値のレベルごとに評価モデルをグループ化し、同一グループ内の評価モデル及び異なるグループ間の評価モデルで設計変数の共通点及び相違点を見つける構造評価手段、一つ又は複数の評価モデルを選択し、複数の評価モデルどうしで一部の設計変数を交換したり、評価モデルの一部の設計変数を別の値に変更することによって評価モデルを変更する構造変更手段、構造改善の繰り返し処理を制御する構造改善制御手段、規格部品、評価モデル、設計仕様、評価値及び構造改善の履歴のデータを格納するデータ格納手段を設ける。

【0011】上記の目的を達成するための各手段は、以下のよう動作をする。規格部品入力手段は、規格部品データベースより規格部品を取り出して配置する。締結部材入力手段は、規格部品間の締結部材を入力する。解析条件入力手段は、拘束、荷重などの解析条件を入力する。解析モデル生成手段は、締結部材をモデル化し、有限要素分割により解析モデルを生成する。設計仕様入力手段は、設計変数、制約条件、評価項目及び許容値を入力する。設計方針入力手段は、各評価項目に対する優先順位及び重みを入力する。評価値計算手段は、各評価項目の評価値及び総合評価値を計算する。評価結果出力手段は、各評価モデルに対する評価結果をテーブル、グラフ及び図で表示する。構造評価手段は、評価値のレベルごとに評価モデルをグループ化し、同一グループ内の評価モデル及び異なるグループ間の評価モデルで設計変数の共通点及び相違点を見つける。構造変更手段は、一つ又は複数の評価モデルを選択し、複数の評価モデルどうしで一部の設計変数を交換したり、評価モデルの一部の設計変数を別の値に変更することによって評価モデルを変更する。構造改善制御手段は、設計方針入力手段、評価値計算手段、評価結果出力手段、構造評価手段及び構造変更手段を制御して構造改善の繰り返し処理を行う。データ格納手段は、規格部品、評価モデル、設計仕様、評価値及び構造改善の履歴のデータを格納する。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本実施例を図面によって説明する。

【0013】図1に本発明を実現するための全体構成図を示す。1は各種データの入出力を行う入出力装置、2は規格部品入力部3、締結部材入力部4、解析条件入力部5及び解析モデル生成部6によって構造設計の評価モデルを入力する評価モデル入力部、7は設計変数入力部8、制約条件入力部9、評価項目入力部10及び許容値入力部11によって設計仕様を入力する設計仕様入力部、12は設計方針入力部13、評価値計算部14、評価結果出力部15、構造評価部16、構造変更部17及び構造改善制御部18によって評価モデルの構造を改善する構造改善部、19は規格部品格納部20、評価モデル群格納部21、設計仕様格納部22、評価値格納部2

3及び構造改善格納部24によって各種データを格納するデータ格納部を示す。

【0014】ユーザは、1を利用して2、7及び12を起動し構造設計を行う。2、7及び12は、それぞれ独立に動作しており、19を介してデータの受け渡しを行う。以下、2、7及び12の詳細を順に説明する。

【0015】2では、3～6を用いて構造物の形状モデル及び解析モデルからなる評価モデルを作成する。すなわち、3では、20に格納されている規格部品を取り出し、1の作業画面上に配置する。4では、3で配置した部品間の締結部に締結部材を入力する。締結部材は、連続溶接、断続溶接、スポット溶接、リベット、ボルト、ねじなどがあり、図2に示すデータを入力することにより設定できる。これにより、締結部のモデルは、解析のための特殊なモデル化手法のノハウを必要とせず、図面の締結方法の指示に従って入力することによって作成できる。5では、3及び4で入力した構造物の形状モデルに拘束、荷重などの解析条件を入力する。6では、3～5で入力した構造物の形状モデルに対し、締結部材をソリッド、シェル、ビームなどでモデル化し（例えば図3に示す方法がある）、有限要素モデルなどの解析モデルを生成する。2で作成された形状モデル及び解析モデルは、一つの評価モデルとして21に格納される。

【0016】7では、8～11を用いて設計仕様を入力する。すなわち、8では、2で入力した構造物の評価モデル及び20に格納されている規格部品により、12の構造改善で変更可能なパラメータである設計変数を入力する。9では、8で入力した設計変数に対し、20に格納されている規格部品の上下限値の範囲内に制約条件を入力する。10では、変位、応力、固有値などの構造解析値、コスト、質量、転倒性、生産性、組立性などの各種評価項目を入力する。11では、10で入力した評価項目に対し、許容範囲、最大化、最小化などの許容値を入力する。7で設定した設計仕様は、22に格納される。

【0017】12では21に格納されている評価モデル及び22に格納されている設計仕様を基に構造改善を行う。すなわち、13では、22に格納されている複数の評価項目を総合評価するため、各評価項目に対する評価の優先順位、重み付けなどの設計方針を入力する。14では、21に格納されている評価モデルに対して、22に格納されている評価項目の評価値及び13で設定した設計方針による総合評価値を計算する。14で求めた評価値及び総合評価値は、23に格納される。15では、21に格納されている評価モデル、22に格納されている設計仕様及び23に格納されている評価値を用い、各評価モデルの設計変数に対する評価値のテーブル及びグラフ、評価モデル及び解析結果の図などを1の作業画面上に表示する。16では、14で求めた各評価モデルに対する評価値のレベルにより評価モデルをグループ化し、同一グループ内の評価モデル及び異なるグループ間

の評価モデルで設計変数の共通点及び相違点を見つける。1.6で見つけた設計変数の共通点及び相違点は、評価値を特徴づけるパラメータと考え、2.4に格納される。1.7では、2.1に格納された評価モデルの中から一つ又は複数の評価モデルを選択し、複数の評価モデルどうして一部の設計変数を交換したり、評価モデルの一部の設計変数を別の値に変更することにより、新しい評価モデルを生成する。評価モデルの選択には、1.4で計算した評価値又は総合評価値による選択、ランダム選択、2.4に格納されている構造改善ルールによる選択などがあり、設計変数の変更には、1.6による共通点又は相違点の変更、ランダム変更、2.4に格納されている構造改善ルールによる変更などがある。また、1.7で生成された新しい評価モデルは、2.1に格納される。1.8では、2.1に追加した新しい評価モデルを含め、再度1.3～1.7の構造改善を繰り返す処理を制御する。構造改善による評価モデルと評価値の履歴は、構造改善ルールとして2.4に格納され、1.7の構造改善時に利用される。

【0018】1.2はユーザの終了条件を満たすまで繰り返し構造改善処理を行う。この構造改善処理の繰り返しによって、2.1には、1.3で設定した総合評価値の高い評価モデルが徐々に増加していく。ユーザは、1.1に表示される新しい構造物の構成、構造改善方法及び評価結果を見ながら必要な構造を選択できる。また、構造改善処理中に、2及び1によって規格部品、評価モデル及び設計仕様のデータを追加・修正・削除でき、1.3、1.6及び1.7によって設計方針及び構造変更方法のパラメータをチューニングすることができる。

【0019】1.2の詳細について板金筐体の補強及び締結方法の設計を例にとって説明する。

【0020】図4は対象とする板金筐体構造の概略図である。筐体は、規格部品格納部20に格納されている床板、側板、天井板及び補強材を組み合わせて締結して構成されている。

【0021】図5は2.1に格納した3種類の評価モデルを示す。ここでは、板金筐体の側板に着目し、側板にある補強材の種類及び締結方法の異なる筐体が登録されている。

【0022】図6は、2.2に格納した設計変数を示す。設計変数は、側板の板厚601、断面形状及び断面寸法からなる補強材1の断面602、締結の種類、位置及び寸法からなる補強材1の締結603、断面形状及び断面寸法からなる補強材2の断面604及び締結の種類、位置及び寸法からなる補強材2の締結605を設定した。

【0023】図7は601に入力した側板板厚の制約条件を示す。側板板厚の制約条件は、規格部品格納部20に格納されている5種類の板厚の規格寸法から選択するよう設定した。

【0024】図8は602及び604に入力した補強材の断面の制約条件を示す。補強材1及び補強材2の断面

の制約条件は、同一とし、規格部品格納部20に格納されている規格の断面形状及び断面寸法から選択するよう設定した。

【0025】図9は603及び605に入力した補強材の締結の制約条件を示す。補強材1及び補強材2の締結の制約条件は、同一とし、規格部品格納部20に格納されている規格の締結の種類及び寸法から選択するよう設定した。

【0026】図10は2.2に格納した評価項目及び許容値を示す。評価項目及び許容値には、床板を固定した側板に横荷重を加えたときの変位が3mm以内1001、質量の最小化1002及びコストの最小化1003を設定した。

【0027】図11は1.5が1に出力するテーブルを示す。1101には図6に示す設計変数名、1102には図7～図9に示す各設計変数に対する制約条件の変更可能範囲、1103には各評価モデルに対する設計変数の値、1104には図10に示す評価項目名、1105には図10に示す評価項目の許容値、1106には1.3で入力した各評価項目の優先順位、1107には1.3で入力した各評価項目の重み値及び1108には1.4で求めた各評価モデルに対する評価項目の評価値が列出される。1103及び1108のデータは、1106～1108のデータより1.4で求まる総合評価値の順に表示している。すなわち、まず1106の優先順位が1である変位に着目して変位の小さい順に評価モデルを並べ換え、もし変位が同一の評価モデルがあるなら、1106の優先順位が2である質量及びコストの値の小さい順に並べ換える。ここでは、質量及びコストは「0.0, 1.0」に正規化された値を用い、1107の重みを各評価値に掛け加えた値で大小を判定している。

【0028】図12は新しい評価モデルを追加したテーブルを示す。新しい評価モデルは、テーブル内の一つ又は複数個の行を選択し（評価モデルの選択）、選択した一行の部の列を交換したり（設計変数の交換）、一部の列を変更する（設計変数の変更）ことによって生成される。ここでは、図11のテーブルを用い、総合評価の高い評価モデル2と評価モデル3の補強材1の断面を交換した評価モデル4及び評価モデル5、総合評価の高い評価モデル2の板厚を図7の板厚の制約条件内からランダムに選択した評価モデル6及び評価モデル7、及びコストの高い評価モデル2の補強材2の締結をコストの低い評価モデル3の補強材2の締結に変更した評価モデル8を追加した。

【0029】図13は2.4に格納されている構造改善ルールである。構造改善ルールは、1.7によって生成された5種類の評価モデル及び1.4によって求めた評価値から得られる。これらのルールは、1.7の評価モデルの選択及び設計変数の変更に用いる。

【0030】図14は1.5が1の作業画面に出力する各

評価モデルの設計変数に対する評価項目の評価値のグラフである。

【0031】図15は17によって21に新たに格納された評価モデルの調板の概略図である。

【0032】図11又は図12のテーブル、図14のグラフ及び図15の図より、新しい構造物の構成、構造改善方法及び設計変数に対する評価値の影響を知ることができる。

【0033】

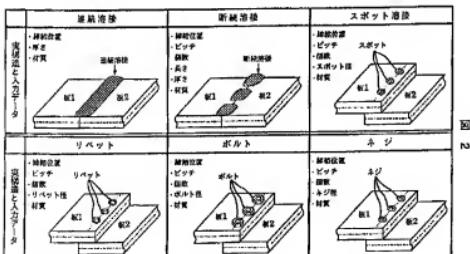
【発明の効果】締結部のモデルは、実際の設計に必要な締結の種類、位置及び寸法のデータを入力すればよいので、解析のための特殊なモデル化手法のノウハウを必要とせず、図面の締結方法の指示に従って入力することによって作成できる。また、構造改善によって得られた締結部のデータは、実際の設計に直接利用できる。

【0034】新しい評価モデルの生成では、優れた評価結果を持つ評価モデルの構成要素を取り込んだり、過去の構造改善結果より効果的な改善要素を取り込むことにより評価の高い評価モデルを増加させ、ランダム選択又はランダム変更により新しい構成要素を取り込んだ評価モデルを増加させている。

【0035】構造改善処理中に、ユーザが、評価モデルの追加・修正・削除及び評価方法の変更を行っても、指定した条件に従って構造変更するので、種々の設計変数の組み合わせ及び種々の評価方法により新しい構造物を提案できる。

【図面の簡単な説明】

【図2】



【図6】

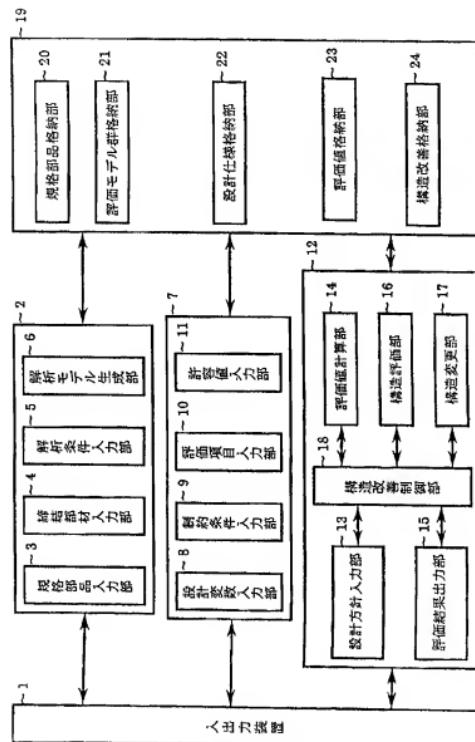
図 6	
設計部数	
1	板厚
2	被接合材の断面
3	補強材1の断面
4	補強材2の断面
5	補強材2の締結

【図7】

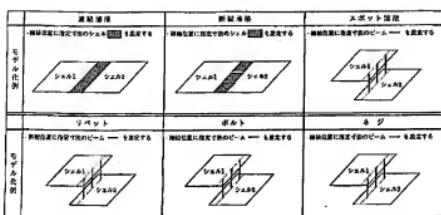
図 7	
側板板厚の規約条件	
1	1.6
2	2.0
3	3.2
4	4.5
5	6.0

【図1】

図 1



【図3】

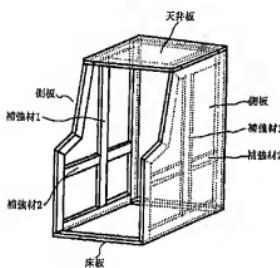


【図10】

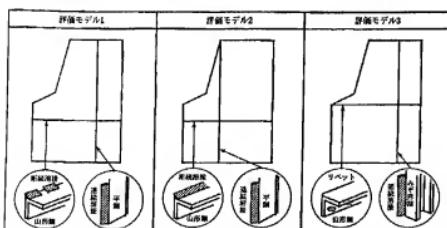
評価項目	基準値
1 变形	3mm以内
2 質量	最小化
3 コスト	最小化

【図4】

図4



【図5】



[图8]

【図9】

8

形状		寸法 [mm]									
1	みぞ割形	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		B = 38	38	38	44	44	44	50	50	50	50
2	等辺山形	11	6	12	19	6	12	9	12	19	6
		A = 35	35	40	40	45	45	45	50	50	50
3	みぞ割形	B = 35	35	40	40	45	45	45	50	50	50
		11	3	5	3	6	4	6	4	6	8
4	山形	A = 60	78	75	100	100	125	125	150	150	150
		B = 29	40	40	50	50	60	60	70	75	75
		11	3	3	5	5	5	4	6	5.5	9
		12	5	6	7	6	7.5	6	8	8.5	10.2

		寸法 (mm)				
		1	2	3	4	5
1	基準規格	丸さ	500	600	700	800
		ピッチ	10	10	10	15
2	寸法規格	個数	9	10	11	9
		長さ	5	5	5	5
3	スポット溶接	ピッチ	10	10	10	15
		個数	9	10	11	9
		長さ	10	10	10	10
4	リベット	ピッチ	10	10	10	15
		個数	9	10	11	9
		径	4.5	4.5	4.8	4.8
5	ボルト	ピッチ	10	10	10	15
		個数	9	10	11	9
		長さ	5	5	5	8
6	ネジ	ピッチ	10	10	10	15
		個数	9	10	11	9
		長さ	8	8	8	8

【图1.1】

[図12]

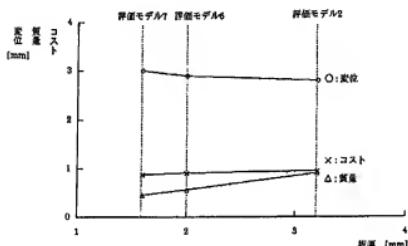
地 域 分 類	評 価 モ デ ル	計画水文												算定水位		
		降雨量の割合			降水量の割合			降雨量の割合			降水量の割合			算定水位		
		雨量	雨量	雨量	雨量	雨量	雨量	雨量	雨量	雨量	雨量	雨量	雨量	水位	水位	水位
1	西四国モデル	2.2	むかで	50	30	8	無端	1000	山形	無端	1000	山形	無端	3.5	0.95	0.95
2	東四国モデル	2.2	平	-	44	13	-	無端	1000	山形	無端	1000	山形	3.6	0.95	0.95
3	四国モデル	2.0	平	-	44	12	-	無端	1000	山形	無端	1000	山形	3.9	0.95	0.95
4	四国モデル	1.6	平	-	44	13	-	無端	1000	山形	無端	1000	山形	3.7	0.45	0.97
5	評価モデルA	2.2	むかで	50	30	8	無端	1000	山形	無端	1000	山形	無端	3.0	1.0	0.95
6	評価モデルB	3.3	平	-	44	12	-	無端	1000	山形	無端	1000	山形	3.1	0.5	0.5
7	評価モデルC	2.2	平	-	44	6	-	無端	1000	山形	無端	1000	山形	3.6	0.85	0.85
8	評価モデルD	2.2	平	-	44	6	-	無端	1000	山形	無端	1000	山形	3.6	0.75	0.4

【図13】

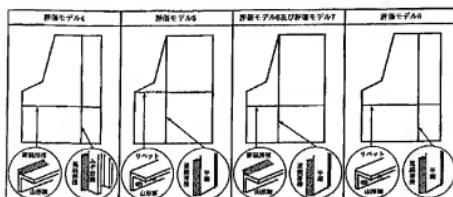
ルール1	if {評価モデル1の候補材の候補} : {断面形状} → {リベット} then {[実位] : [2.8] → [3.0], [質量] : [0.65] → [0.76], [コスト] : [0.65] → [0.4] }
ルール2	if {評価モデル2の候補} : [3.2] → [2.0] then {[実位] : [2.8] → [2.9], [質量] : [0.8] → [0.6], [コスト] : [0.65] → [0.9] }
ルール3	if {評価モデル2の候補} : [3.3] → [1.6]に変更 then {[実位] : [2.8] → [2.9], [質量] : [0.8] → [0.45], [コスト] : [0.65] → [0.87] }
ルール4	if {評価モデル3の候補材の候補} : {平鋼} → {みぞ形鋼} then {[実位] : [2.8] → [2.7], [質量] : [0.9] → [0.95], [コスト] : [0.95] → [1.0] }
ルール5	if {評価モデル3の候補材の候補} : {みぞ形鋼} → {平鋼} then {[実位] : [3.0] → [3.1], [質量] : [1.0] → [0.8], [コスト] : [0.45] → [0.5] }

図  
13

【図14】

図  
14

【図15】

図  
15